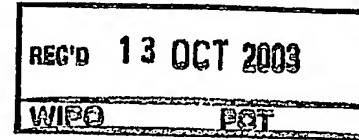


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Best Available Copy

Aktenzeichen: 102 47 299.8

Anmeldetag: 10. Oktober 2002

Anmelder/Inhaber: Philips Corporate Intellectual Property GmbH,
Hamburg/DE

Bezeichnung: Bildverarbeitungseinheit und Verfahren für die Zuord-
nung von gespeicherten zu aktuellen Aufnahmen

IPC: A 61 B, H 05 G, G 06 T

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 8. April 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Ebert

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

PHDE020222



ZUSAMMENFASSUNG

Bildverarbeitungseinheit und Verfahren für die Zuordnung von gespeicherten zu aktuellen Aufnahmen

- Die Erfindung betrifft die Zuordnung einer aktuellen (Röntgen-)Abbildung eines
- 5 Körpervolumens zu einer von mehreren gespeicherten Früheren Abbildungen, wobei zusammen mit den Abbildungen jeweils das EKG und der Atemzyklus erfasst wird. Mit Hilfe dieser Daten wird unter den Früheren Abbildungen diejenige ausgewählt, welche hinsichtlich Herzrhythmus und Atemzyklus der Aktuellen Abbildung am nächsten kommt. Die resultierende Zuordnung erreicht hierdurch eine hohe Genauigkeit, die eine
- 10 überlagerte Darstellung der Aktuellen Abbildung und der zugeordneten Früheren Abbildung ermöglicht.

BESCHREIBUNG

Bildverarbeitungseinheit und Verfahren für die Zuordnung von gespeicherten zu aktuellen Aufnahmen

Die Erfindung betrifft eine Bildverarbeitungseinheit mit einem Eingang für das Signal einer Aktuellen Abbildung eines Körpervolumens, wobei das Körpervolumen einer Bewegung mit verschiedenen Bewegungsphasen unterliegt; mit einem Eingang für ein die Bewegungsphase der Aktuellen Abbildung repräsentierendes Signal; und mit einem Speicher, in welchem Frühere Abbildungen des Körpervolumens zusammen mit den zugehörigen Bewegungsphasen gespeichert sind. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Zuordnung einer Aktuellen Abbildung eines Körpervolumens, welches einer Bewegung mit verschiedenen Bewegungsphasen unterliegt, zu einer Früheren Abbildung des Körpervolumens.

Die Abbildung von Körpervolumina findet insbesondere im Bereich der medizinischen Diagnostik und Therapie im Rahmen einer Röntgendurchleuchtung statt. Nachfolgend soll daher schwerpunktmäßig die Röntgenprojektion eines biologischen Körpervolumens betrachtet werden, wenngleich die vorliegende Erfindung hierauf nicht beschränkt ist und in allen Anwendungsgebieten mit ähnlichen Randbedingungen eingesetzt werden kann.

Eine spezielle medizinische Anwendung stellt die röntgenfluoroskopische Beobachtung des Vorschubs eines Katheters im Gefäßsystem eines Patienten dar. Die Katheterspitze soll hierbei möglichst genau in ein zu behandelndes oder zu untersuchendes Zielgebiet wie etwa eine Stenose vorgeschoben werden, beziehungsweise ein Führungsdraht ("guide wire") soll so hinter dem genannten Zielgebiet platziert werden, dass die Katheterspitze richtig positioniert ist. Diesbezüglich ist es bekannt, angiografische Abbildungen des Körpervolumens auf einem zweiten Monitor neben der aktuellen Abbildung des Körpervolumens darzustellen. Die angiografischen Abbildungen stellen die Gefäße hervorgehoben dar und können z.B. durch Einsatz eines Kontrastmittels ge-

Die erfindungsgemäße Bildverarbeitungseinheit enthält:

- 5 - Einen Eingang für das Signal einer "Aktuellen Abbildung" eines Körpervolumens, wobei das Körpervolumen einer Bewegung mit verschiedenen Bewegungsphasen unterliegt. Die Abbildung kann insbesondere durch einen Röntgenapparat mit einer Röntgenstrahlungsquelle und einem Röntgendetektor erzeugt worden sein. Ebenso kann die Abbildung jedoch auch mit Hilfe von anderen Verfahren wie Magnetresonanz, Ultraschall, Szintigrafie oder dergleichen gewonnen worden sein. Die Bezeichnung als "Aktuelle Abbildung" spiegelt dabei die übliche Situation wider, dass diese Abbildung online bzw. in Echtzeit gewonnen und übermittelt wird, wobei indes Anwendungen mit einer "offline" Verarbeitung nicht ausgeschlossen sein sollen.
- 10 - Einen Eingang für ein Signal, welches die Bewegungsphase des Körpervolumens während der vorgenannten Aktuellen Abbildung repräsentiert.
- 15 - Einen Speicher, in welchem "Frühere Abbildungen" des Körpervolumens zusammen mit den jeweils hierzu gehörigen Bewegungsphasen gespeichert sind. Die Früheren Abbildungen können dabei mit derselben Abbildungsvorrichtung gewonnen worden sein, die auch die Aktuelle Abbildung des Körpervolumens erzeugt. Ebenso ist es jedoch auch möglich, dass die Früheren Abbildungen aus anderen Quellen stammen. Im Rahmen eines medizinischen Eingriffs der eingangs erläuterten Art können die Früheren Abbildungen insbesondere
- 20 - Angiografien sein, auf welchen das Gefäßsystem im betreffenden Körpervolumen darstellt ist.
- 25

Die Bildverarbeitungseinheit ist dazu eingerichtet, der Aktuellen Abbildung diejenige der Früheren Abbildungen zuzuordnen, deren Bewegungsphase am dichtesten an der

30 Bewegungsphase der Aktuellen Abbildung liegt.

Mit der erfindungsgemäßen Bildverarbeitungseinheit ist eine Zuordnung zwischen einer früheren gespeicherten Abbildung eines Körpervolumens und einer Aktuellen Abbildung des Körpervolumens mit hoher Genauigkeit möglich, da die Bewegungsphasen der einander zugeordneten Abbildungen möglichst dicht beieinander liegen, so dass die durch die Bewegung hervorgerufenen Abweichungen zwischen den Abbildungen des Körpervolumens minimiert werden.

Gemäß einer Weiterbildung der Bildverarbeitungseinheit ist diese dazu eingerichtet, den Abstand zwischen den Bewegungsphasen der Aktuellen Abbildung und der zugeordneten Früheren Abbildung zu bestimmen und für einen Benutzer darzustellen. Zusätzlich oder alternativ kann die Bildverarbeitungseinheit auch dazu eingerichtet sein, die Zeit seit der letzten Auffrischung der Zuordnung zwischen Aktuellen Abbildungen und einer Früheren Abbildung zu bestimmen und für einen Benutzer darzustellen. Die Darstellung des Abstandes zwischen den Bewegungsphasen und/oder der Zeit seit der letzten Zuordnung gibt dem Benutzer eine Information darüber, wie aktuell beziehungsweise präzise die bestehende Zuordnung noch ist. Der Benutzer kann daher anhand dieser Darstellung beurteilen, wie sehr er örtlichen Übereinstimmungen der Abbildungen noch vertrauen kann.

Im Rahmen einer speziellen Ausgestaltung der Bildverarbeitungseinheit ist das Körpervolumen ein biologisches Körpervolumen wie zum Beispiel das Herz eines Patienten; und die Bewegung dieses Körpervolumens wird durch den Herzschlag und/oder die Atmung verursacht. Herzschlag und Atmung stellen zwei wichtige Ursachen für (Eigen-)Bewegungen dar, welche im gesamten Körper Auswirkungen zeigen. Die spezielle Bildverarbeitungseinheit ist dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegungsphasen durch ein Elektrokardiogramm (EKG) und/oder das Signal eines Atmungssensors beschrieben werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist die Bildverarbeitungseinheit dazu eingerichtet ist, die folgenden Verfahrensschritte auszuführen:

- 5 - Berechnung eines Ähnlichkeitsmaßes zwischen der Aktuellen Abbildung und einer vorgegebenen repräsentativen Abbildung.
- Berechnung der entsprechenden Ähnlichkeitsmaße zwischen der repräsentativen Abbildung und den Früheren Abbildungen oder einer Teilmenge der Früheren Abbildungen.
- 10 - Auswahl einer Teilmenge, die genau diejenigen Früheren Abbildungen enthält, deren Ähnlichkeitsmaß relativ zur repräsentativen Abbildung in einem vorgegebenen Bereich um das Ähnlichkeitsmaß der Aktuellen Abbildung relativ zur repräsentativen Abbildung liegt.

15

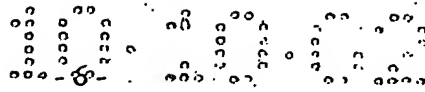
Bei diesem Vorgehen werden somit alle Früheren Abbildungen ermittelt, die der repräsentativen Abbildung in etwa "genauso ähnlich bzw. unähnlich" sind wie die Aktuelle Abbildung, d.h. die von der repräsentativen Abbildung in etwa denselben Ähnlichkeitsabstand haben wie die Aktuelle Abbildung. Die Teilmenge wird daher insbesondere auch die Abbildungen enthalten, die der Aktuellen Abbildung sehr ähnlich sind. Von Vorteil bei dem Verfahren ist, dass nach Festlegung einer repräsentativen Abbildung alle Ähnlichkeitsmaße zwischen dieser und den Früheren Abbildungen nur einmal berechnet werden müssen und dann gespeichert werden können. Lediglich für die Aktuelle Abbildung ist das Ähnlichkeitsmaß jeweils neu zu berechnen. Die Festlegung der Teilmenge lässt sich daher im Betrieb mit geringem Rechenaufwand durchführen.

20

25

Für die vorstehend beschriebene Ausgestaltung der Erfindung ist eine geeignete Definition der Ähnlichkeit von Abbildungen beziehungsweise des Ähnlichkeitsmaßes vorzunehmen. Ein bevorzugtes Ähnlichkeitsmaß besteht dabei darin, die Histogramm-energie des Differenzbildes der beiden Abbildungen zu berechnen. In diesem Falle steht ein kleiner Wert des Ähnlichkeitsmaßes für eine hohe Ähnlichkeit und umgekehrt.

30



Gemäß einer anderen Ausgestaltung der Bildverarbeitungseinheit kann diese dazu eingerichtet sein, die folgenden Verfahrensschritte auszuführen:

- Berechnung der Ähnlichkeitsmaße zwischen der Aktuellen Abbildung und den Früheren Abbildungen oder einer Teilmenge hiervon;
- Auswahl derjenigen Früheren Abbildungen, deren Ähnlichkeit zur Aktuellen Abbildung einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet.

10 Durch einen direkten Einzelvergleich wird somit ermittelt, welche der Früheren Abbildungen der Aktuellen Abbildung besonders ähnlich sind. Vorteilhafterweise wird dieses Vorgehen mit der vorstehend beschriebenen Ermittlung einer Teilmenge (durch einen Ähnlichkeitsvergleich mit einer repräsentativen Abbildung) kombiniert, indem der Einzelvergleich nur mit den Elementen der Teilmenge ausgeführt wird. Die
15 rechenintensive Bestimmung von Ähnlichkeitsmaßen kann dann auf ein Minimum beschränkt werden.

Im Rahmen einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist zusammen mit jeder Früheren Abbildung das vollständige Elektrokardiogramm über die Dauer mindestens eines Herzschlages sowie der Zeitpunkt der Aufnahme der Früheren Abbildung in Bezug auf dieses EKG abgespeichert. Weiterhin ist die Bildverarbeitungseinheit dazu eingerichtet, eine Transformation zu ermitteln, welche das parallel zur Aktuellen Abbildung aufgezeichnete Elektrokardiogramm auf das Elektrokardiogramm einer Früheren Abbildung abbildet (transformiert). Mit Hilfe dieser Transformation wird dann
20 die relative Lage der Bewegungsphase der Aktuellen Abbildung in Bezug auf die Bewegungsphase der Früheren Abbildung festgestellt. Die verwendete Transformation soll zwei unterschiedliche Elektrokardiogramme optimal punktweise einander zuordnen und dabei unbedeutende Variationen im zeitlichen Ablauf der physiologischen Potentiale ausgleichen. Nach Bestimmung einer solchen optimalen Transformation kann ein be-
25 stimmter Punkt in einem Elektrokardiogramm bestmöglich dem korrespondierenden
30

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist die Bildverarbeitungseinheit dazu eingerichtet ist, die folgenden Verfahrensschritte auszuführen:

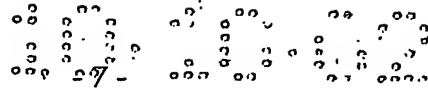
- Berechnung eines Ähnlichkeitsmaßes zwischen der Aktuellen Abbildung und einer vorgegebenen repräsentativen Abbildung.
- Berechnung der entsprechenden Ähnlichkeitsmaße zwischen der repräsentativen Abbildung und den Früheren Abbildungen oder einer Teilmenge der Früheren Abbildungen.
- Auswahl einer Teilmenge, die genau diejenigen Früheren Abbildungen enthält, deren Ähnlichkeitsmaß relativ zur repräsentativen Abbildung in einem vorgegebenen Bereich um das Ähnlichkeitsmaß der Aktuellen Abbildung relativ zur repräsentativen Abbildung liegt.

Bei diesem Vorgehen werden somit alle Früheren Abbildungen ermittelt, die der repräsentativen Abbildung in etwa "genauso ähnlich bzw. unähnlich" sind wie die Aktuelle Abbildung, d.h. die von der repräsentativen Abbildung in etwa denselben Ähnlichkeitsabstand haben wie die Aktuelle Abbildung. Die Teilmenge wird daher insbesondere auch die Abbildungen enthalten, die der Aktuellen Abbildung sehr ähnlich sind. Von Vorteil bei dem Verfahren ist, dass nach Festlegung einer repräsentativen Abbildung alle Ähnlichkeitsmaße zwischen dieser und den Früheren Abbildungen nur einmal berechnet werden müssen und dann gespeichert werden können. Lediglich für die Aktuelle Abbildung ist das Ähnlichkeitsmaß jeweils neu zu berechnen. Die Festlegung der Teilmenge lässt sich daher im Betrieb mit geringem Rechenaufwand durchführen.

Für die vorstehend beschriebene Ausgestaltung der Erfindung ist eine geeignete Definition der Ähnlichkeit von Abbildungen beziehungsweise des Ähnlichkeitsmaßes vorzunehmen. Ein bevorzugtes Ähnlichkeitsmaß besteht dabei darin, die Histogramm-energie des Differenzbildes der beiden Abbildungen zu berechnen. In diesem Falle steht ein kleiner Wert des Ähnlichkeitsmaßes für eine hohe Ähnlichkeit und umgekehrt.

6

5. Berechnung der Ähnlichkeitsmaße zwischen der Aktuellen Abbildung und den Früheren Abbildungen oder einer Teilmenge hiervon;
- Auswahl derjenigen Früheren Abbildungen, deren Ähnlichkeit zur Aktuellen Abbildung einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet.
- 10 Durch einen direkten Einzelvergleich wird somit ermittelt, welche der Früheren Abbildungen der Aktuellen Abbildung besonders ähnlich sind. Vorteilhafterweise wird dieses Vorgehen mit der vorstehend beschriebenen Ermittlung einer Teilmenge (durch einen Ähnlichkeitsvergleich mit einer repräsentativen Abbildung) kombiniert, indem der Einzelvergleich nur mit den Elementen der Teilmenge ausgeführt wird. Die
- 15 rechenintensive Bestimmung von Ähnlichkeitsmaßen kann dann auf ein Minimum beschränkt werden.
- Im Rahmen einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist zusammen mit jeder Früheren Abbildung das vollständige Elektrokardiogramm über die Dauer mindestens
- 20 eines Herzschlages sowie der Zeitpunkt der Aufnahme der Früheren Abbildung in Bezug auf dieses EKG abgespeichert. Weiterhin ist die Bildverarbeitungseinheit dazu eingerichtet, eine Transformation zu ermitteln, welche das parallel zur Aktuellen Abbildung aufgezeichnete Elektrokardiogramm auf das Elektrokardiogramm einer Früheren Abbildung abbildet (transformiert). Mit Hilfe dieser Transformation wird dann
- 25 die relative Lage der Bewegungsphase der Aktuellen Abbildung in Bezug auf die Bewegungsphase der Früheren Abbildung festgestellt. Die verwendete Transformation soll zwei unterschiedliche Elektrokardiogramme optimal punktweise einander zuordnen und dabei unbedeutende Variationen im zeitlichen Ablauf der physiologischen Potentiale ausgleichen. Nach Bestimmung einer solchen optimalen Transformation kann ein be-
- 30 stimmter Punkt in einem Elektrokardiogramm bestmöglich dem korrespondierenden



Punkt im anderen Elektrokardiogramm zugeordnet werden. Wichtig ist bei dieser Zuordnung, dass vermöge der Transformation der gesamte Verlauf des Elektrokardiogramms über eine Periode (Herzschlag) berücksichtigt wird.

- 5 Gemäß einer anderen Weiterbildung der Bildverarbeitungseinheit ist diese dazu eingerichtet, zwischen den einander zugeordneten Abbildungen (Aktuelle Abbildung und eine Frühere Abbildung) eine Bewegungskorrektur auszuführen, welche eine Bewegung des gesamten Körpervolumens berücksichtigt. Im Rahmen medizinischer Anwendungen können solche Gesamtbewegungen insbesondere durch eine Lageveränderung des Patienten entstehen. Diese Gesamtbewegungen sind in der Regel zufällig und enthalten daher keine Regelmäßigkeiten, die bei der Korrektur von (Eigen-)Bewegungen des Körpervolumens erfasst werden könnten.

- 15 Die Bildverarbeitungseinheit kann insbesondere mit einer Darstellungseinheit wie etwa einem Monitor oder einem Drucker gekoppelt und dazu eingerichtet sein, auf der Darstellungseinheit die Aktuelle Abbildung des Körpervolumens und die zugeordnete Frühere Abbildung überlagert darzustellen. Aufgrund der beschriebenen Ausgestaltung der Bildverarbeitungseinheit wird eine hohe Präzision der Übereinstimmung zwischen der Aktuellen Abbildung und der zugeordneten Früheren Abbildung erreicht, so dass
- 20 diese sehr genau überlagert werden können. Im Rahmen einer medizinischen Anwendung kann dabei zum Beispiel ein Arzt einer früheren angiografischen Aufnahme den Gefäßverlauf entnehmen, welcher der Aktuellen Aufnahme des Körpervolumens, die das Instrument (Katheter etc.) zeigt, hinzugefügt wird. Aufgrund der hohen Genauigkeit der Zuordnung kann hierdurch eine sehr präzise Positionierung des Instrumentes vorgenommen werden. Dabei kann die Frühere Abbildung speziell auch eine Aufnahme aus
- 25 einem vorangegangenen Schritt desselben medizinischen Eingriffes sein, zum Beispiel die Aufnahme einer Stenose vor beziehungsweise während einer Erweiterung mit einem Ballonkatheter oder die Position eines bereits eingebrachten ersten Stents. Die Einblendung einer solchen Früheren Abbildung ermöglicht dem Arzt dann das genaue
- 30 Auffinden der früheren Position, um zum Beispiel einen Stent in der erweiterten Stenose oder benachbart zu einem ersten, bereits eingebrachten Stent zu platzieren.

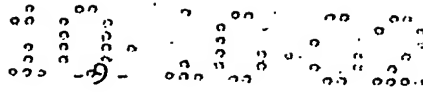
Zur Erfindung gehört weiterhin eine Vorrichtung zur Erzeugung und Verarbeitung von Abbildungen eines Körpervolumens, welche eine Einrichtung zur Bildgewinnung wie insbesondere eine Röntgenapparatur sowie eine Bildverarbeitungseinheit der oben beschriebenen Art enthält. Weiterhin kann diese Vorrichtung Sensoren zur Erfassung eines die Bewegungsphase anzeigenden Signals aufweisen, insbesondere einen Elektrokardiografen und/oder einen Atmungssensor (Bauchgurt etc.).

Die Erfindung betrifft darüber hinaus ein Verfahren zur Zuordnung einer Aktuellen Abbildung eines Körpervolumens, welches einer Bewegung mit verschiedenen Bewegungsphasen unterliegt, zu einer von mehreren Früheren Abbildungen des Körpervolumens, wobei

- die Bewegungsphase zusammen mit den jeweiligen (Früheren und Aktuellen) Abbildungen erfasst wird;
- der Aktuellen Abbildung diejenige der Früheren Abbildungen zugeordnet wird, deren Bewegungsphase am nächsten an der Bewegungsphase der Aktuellen Abbildung liegt.

Wie oben in Verbindung mit der Bildverarbeitungseinheit bereits erläutert wurde, hat das Verfahren den Vorteil, bei der Zuordnung zwischen der Aktuellen Abbildung und einer Früheren Abbildung die Bewegungsphasen des Körpervolumens zu berücksichtigen, zu der die Abbildungen aufgenommen wurden. Durch die Körperbewegung verursachte Verlagerungen werden hierdurch minimiert.

Das Verfahren kann dahingehend weitergebildet werden, dass der Abstand zwischen den Bewegungsphasen der einander zugeordneten Abbildungen und/oder die Zeit seit der letzten Auffrischung der Zuordnung zwischen Aktueller Abbildung und einer Früheren Abbildung bestimmt und für den Benutzer dargestellt wird. Die Darstellung erfolgt vorzugsweise mit Hilfe anschaulicher grafischer Mittel wie etwa einem Zeitbalken, einem Verblässen der Früheren Abbildung oder einer Farbcodierung.



21

Das Verfahren kann ferner durch die Verfahrensschritte erweitert werden, welche in Verbindung mit der Ausgestaltung der Bildverarbeitungseinheit beschrieben wurden.

5 Im Folgenden wird die Erfindung mit Hilfe der Figuren beispielhaft erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine Röntgenapparatur mit einer erfindungsgemäßen Bildverarbeitungseinheit;

10 Fig. 2 anhand von Beispielabbildungen die prinzipielle Arbeitsweise der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Die Erfindung soll nachfolgend am Beispiel einer medizinischen Anwendung erläutert werden, wobei sie jedoch nicht auf dieses Anwendungsgebiet beschränkt ist. Figur 1 zeigt diesbezüglich schematisch eine Röntgenapparatur mit einer Röntgenstrahlungs-
15 quelle 3 und einem Röntgendetektor 1, die an den Enden eines C-Armes (nicht dargestellt) angebracht sind und von dem zwischen ihnen positionierten Körpervolumen eines Patienten 2 eine Röntgenabbildung erzeugen. Diese Abbildung wird als aktuelle fluoroskopische Abbildung 8 an eine Bildverarbeitungseinheit 5 (in Echtzeit) über-
mittelt.

20 Gleichzeitig werden das EKG des Patienten 2 sowie eine den Atemzyklus anzeigende Größe erfasst und als Signale 9 der Bildverarbeitungseinheit 5 zur Verfügung gestellt.

Die Bildverarbeitungseinheit 5 weist einen Speicher 4 auf, in welchem frühere Abbil-
25 dungen des Körpervolumens des Patienten 2 abgelegt sind. Hierbei kann es sich insbesondere um angiografische Abbildungen handeln, welche mit Hilfe der Röntgen-
apparatur 1, 3 unter Einsatz eines Kontrastmittels gewonnen wurden und welche den Gefäßverlauf im Körpervolumen hervorgehoben darstellen. Die Früheren Abbildungen können auch mit einer anderen Apparatur (MNR, Ultraschall, Szintigrafie oder
30 dergleichen) gewonnen worden sein. Weiterhin kann es sich bei den Früheren

Abbildungen auch um zwischengespeicherte Aufnahmen oder Aufnahmesequenzen aus dem aktuellen Eingriff handeln, die mit der Röntgenapparatur 1, 3 gewonnen wurden. Solche Aufnahmen können insbesondere die Position eines Instrumentes wie etwa eines in die Gefäßbahn des Patienten eingeführten Katheters mit einer Katheterspitze oder
5 eines Führungsdrahtes darstellen..

Die Bildverarbeitungseinheit 5 ist weiterhin mit (mindestens) zwei Monitoren 6, 7 gekoppelt und dazu eingerichtet, die Aktuelle Abbildung 8 "live" auf beiden Monitoren 6, 7 darzustellen und hierzu überlagert auf dem Monitor 7 eine der dem Speicher 4
10 entnommenen Früheren Abbildungen darzustellen. Die parallele (überlagerte oder separate) Darstellung einer Früheren Abbildung soll dem Arzt die Navigation des Instrumentes in der Gefäßbahn des Patienten 2 erleichtern. So stellt beispielsweise eine frühere angiografische Aufnahme eine Art Gefäßkarte ("roadmap") zur Verfügung, oder eine Frühere Aufnahme aus demselben medizinischen Eingriff zeigt zum Beispiel die
15 Lage einer durch einen Ballonkatheter erweiterten Stenose oder die Position eines zuvor platzierten ersten Stents an. In den letztgenannten Fällen hilft die Frühere Abbildung dem Arzt, das Instrument an einem zuvor angenommenen Ort zu repositionieren.

Wichtig für die Verwendbarkeit der Früheren Abbildung ist es, dass die hierauf dargestellten Organe und Gefäße möglichst genau in ihrer Lage mit der Situation bei der
20 aktuellen Aufnahme übereinstimmen. Für bestimmte Anwendungen und bei einer überlagerten Darstellung von aktueller und Früherer Aufnahme ist hierbei eine Präzision im Millimeter- oder sogar Submillimeter-Bereich anzustreben.

25 Die genannten Präzisionsvorgaben werden erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass bei der Zuordnung einer Früheren Abbildung aus dem Speicher 4 zur Aktuellen Abbildung 8 die Eigenbewegung des Körpervolumens berücksichtigt wird, die durch Herzschlag und/oder Atmung verursacht wird.

Um die Berücksichtigung des Herzschlages vornehmen zu können, ist zusammen mit den Früheren Abbildungen auch das EKG über die Dauer mindestens des eines Herzschlages, während dessen die Frühere Abbildung erzeugt wurde, sowie der Aufnahmezeitpunkt relativ zum EKG im Speicher 4 aufgezeichnet. Durch eine Abbildung des gesamten EKG-Zyklus auf das Intervall $[0, 2\pi]$ lässt sich der Aufnahmezeitpunkt als ein Wert aus diesem Intervall ausdrücken, der die relative Herzschlagposition einer Früheren Abbildung widerspiegelt und nachfolgend als erster Index der Früheren Abbildung dient.

Um die Berücksichtigung der Atmung vornehmen zu können, ist darüber hinaus ein zweiter Index für die Früheren Abbildungen vorgesehen, welcher deren relative Position im Atemzyklus widerspiegelt. Auch dieser Index wird typischerweise auf das Intervall $[0, 2\pi]$ normiert. Der zweite Index kann z.B. aus den Messsignalen eines Atmungssensors gewonnen werden. Alternativ kann der zweite Index auch durch einen Ähnlichkeitsvergleich der Früheren Abbildungen mit einer Referenzabbildung R gewonnen werden, die zu einem extremen Zeitpunkt des Atemzyklus gehört (z.B. "tief eingeatmet"). Der zweite Index einer bestimmten Früheren Abbildung gibt dann deren Ähnlichkeitsabstand zur Referenzabbildung R an und spiegelt auf diese Weise die relative Position im Atemzyklus wider.

Die genannte Referenzabbildung R kann selbst aus den Früheren Abbildungen ausgewählt worden sein. Um unter diesen eine Abbildung aus einer extremen Atemphase zu finden, können für jede Frühere Abbildung probeweise deren Ähnlichkeitsmaße relativ zu einer Serie sequentieller Abbildungen (über mindestens zwei Atemzyklen) berechnet werden. Ändern sich diese Ähnlichkeitsmaße z.B. periodisch mit etwa doppelter Atemfrequenz, so handelt es sich bei der probeweise betrachteten Früheren Abbildung um eine solche aus einer mittleren Phase des Atemzyklus; ändern sich die Ähnlichkeitsmaße dagegen periodisch mit etwa der einfachen Atemfrequenz, so gehört die betrachtete Frühere Abbildung zu einer extremen Phase der Atmung und ist daher als Referenzabbildung R geeignet.

Nachfolgend sollen verschiedene Verfahren zur Zuordnung einer Früheren Abbildung zu einer Aktuellen Abbildung beschrieben werden.

5 In Figur 2 ist ein erstes erfindungsgemäßes Zuordnungsverfahren anhand einer schematischen Darstellung veranschaulicht. Zu erkennen ist in der oberen Reihe die auf dem Monitor 6 von Figur 1 dargestellte Sequenz von fluoroskopischen Lifebildern des Körpervolumens, in welchem ein Katheter 12 vorgeschoben wird. Eines dieser Life-
10 bilder soll als "Aktuelle Aufnahme 8" der nachfolgenden Erläuterung zugrunde gelegt werden.

Überlagert zu den Lifebildern wird auf dem Monitor 7 von Figur 1 jeweils eine Frühere Abbildung 10a, 10b, ... dargestellt, die dem Speicher 4 entnommen und in Abständen aufgefrischt wird. Die Früheren Abbildungen können zum Beispiel angiografische
15 Aufnahmen sein, welche den Gefäßverlauf im Körpervolumen zeigen. Die Auswahl und Zuordnung einer Früheren Abbildung 10a zur Aktuellen Abbildung 8 erfolgt beim ersten Zuordnungsverfahren in drei Schritten:

Zunächst werden aus dem Speicher 4 diejenigen Abbildungen ausgewählt, welche
20 hinsichtlich des Atemzyklus zu einer vorgegebenen Referenzabbildung R in etwa denselben Ähnlichkeitsabstand haben wie die Aktuelle Abbildung 8. Zu diesem Zweck wird die Aktuelle Abbildung 8 mit der Referenzabbildung R verglichen, d.h. es wird ein Ähnlichkeitsmaß r zwischen beiden Abbildungen berechnet. In gleicher Weise können die Ähnlichkeitsmaße zwischen der Referenzabbildung R und allen im Speicher 4
25 befindlichen Früheren Abbildungen berechnet werden. Letzteres muss für eine gegebene Menge Früherer Abbildungen nur einmal durchgeführt werden, da sich die Maße nicht ändern. Wie oben erläutert wurde, können die genannten Maße gegebenenfalls normiert und als ein (Atmungs-) Index den Früheren Abbildungen hinzugefügt werden. Der Rechenaufwand während des laufenden Betriebs ist daher verhältnismäßig gering.

lg

Mit Hilfe der Ähnlichkeitsmaße bzw. der Indices kann eine Untermenge U der Früheren Abbildungen bestimmt werden, deren Mitglieder in etwa denselben Ähnlichkeitsgrad zur Referenzabbildung R haben wie die Aktuelle Abbildung 8. Das heißt, dass die Ähnlichkeitsmaße dieser Abbildungen zum Beispiel in einem Fenster $r \pm \Delta$ liegen. Falls es
5 im Speicher 4 keine Abbildung geben sollte, die diese Bedingung erfüllt, wird das Zuordnungsverfahren an dieser Stelle abgebrochen.

Falls jedoch die Untermenge U mindestens ein Element enthält, wird in einem zweiten Schritt eine weitere Auswahl in Bezug auf den Atemzyklus durchgeführt. Dabei werden
10 die in der Untermenge U enthaltenen Früheren Abbildungen einzeln mit der Aktuellen Abbildung 8 verglichen, d.h. es werden die zugehörigen Ähnlichkeitsmaße r' berechnet, und es wird eine Untermenge $V \subseteq U$ bestimmt, deren Abbildungen einen Grenzwert hinsichtlich der Ähnlichkeit zur Aktuellen Abbildung 8 überschreiten. Der rechenaufwändige Einzelvergleich mit der Abbildung 8 wird durch die Vorauswahl der Menge U
15 auf ein Minimum reduziert.

Schließlich wird in einem dritten Schritt zwecks Berücksichtigung des Herzschlages aus der Untermenge V diejenige Frühere Abbildung 10a ausgewählt, deren relativer Zeitpunkt im EKG am nächsten bei dem relativen EKG-Zeitpunkt der Aktuellen
20 Abbildung 8 liegt. Zum Vergleich zwischen den Elektrokardiogrammen der Aktuellen Abbildung 8 und einer Früheren Abbildung wird dabei z.B. mit Hilfe eines Algorithmus der dynamischen Programmierung eine Transformation bestimmt, welche die Elektrokardiogramme optimal aufeinander abbildet und daher eine genaue Vorhersage der Phasendifferenzen zwischen den hervorstechenden Merkmalen (R-, S-, T-Zacke) der
25 Elektrokardiogramme erlaubt.

Das vorstehend erläuterte Zuordnungsverfahren kann gemäß einer ersten Variante so abgewandelt werden, dass zunächst durch einen EKG-Vergleich eine Untermenge der Früheren Abbildungen bestimmt wird. Unter deren Elementen kann dann durch einen
30 direkten Ähnlichkeitsvergleich mit der Aktuellen Abbildung diejenige ermittelt werden, welche am besten zur Aktuellen Abbildung passt.

Eine zweite Variante des Zuordnungsverfahrens verwendet die oben erläuterten Indices der Früheren Abbildungen für den Herzzyklus und den Atemzyklus. Über diese Indices kann jeder Früheren Abbildung ein Punkt in einer zweidimensionalen Parameterebene zugeordnet werden. Um die ebenfalls in der Parameterebene dargestellte Aktuelle Abbildung kann dann eine (in der Regel elliptische) Umgebung festgelegt werden, wobei Frühere Abbildungen, die in dieser Umgebung liegen (sofern vorhanden), potentielle Kandidaten für die Zuordnung sind. Unter diesen Kandidaten kann dann durch direkten Ähnlichkeitsvergleich mit der Aktuellen Abbildung die beste Zuordnung gefunden werden. Ein derartiges Verfahren hat den Vorteil, in der zweidimensionalen Parameterebene eine kombinierte Berücksichtigung von Herz- und Atemzyklus zu erlauben.

In einem Nachbearbeitungsschritt (nicht dargestellt) nach der Zuordnung kann noch eine Bewegungsschätzung und Korrektur zwischen der ausgewählten Früheren Abbildung 10a und der Aktuellen Abbildung 8 ausgeführt werden, welche Veränderungen durch eine (Ganzkörper-)Bewegung des Patienten kompensiert.

Als Ähnlichkeitsmaß zwischen zwei Abbildungen eignet sich in den oben erläuterten Verfahren zum Beispiel die Histogrammenergie der Bilddifferenzen. Dabei werden die zu vergleichenden Abbildungen pixelweise voneinander subtrahiert und das Histogramm dieses Differenzbildes berechnet. Das Histogramm zeigt an, wie viele Pixel $n(G)$ des Differenzbildes jeweils einen bestimmten Grauwert G haben. Sodann wird als Ähnlichkeitsmaß r die Histogrammenergie berechnet, die definitionsgemäß die Summe aller Pixelzahlen zum Quadrat ist:

$$r = \sum_G n(G)^2$$

Diese Definition beinhaltet, dass Histogramme mit einer Bündelung der Grauwerte eine hohe Histogrammenergie aufweisen, während Histogramme mit einer möglichst gleich-

5. "mutual information" definieren.

10 Regel nicht in Echtzeit fortlaufend aufgefrischt werden kann, sondern nur (mindestens)
einmal pro Atemzyklus, wird dem Benutzer zusätzlich ein Indikator 11 angezeigt, der
die Aktualität der momentan zugeordneten Abbildung symbolisiert. Der Indikator kann
zum Beispiel seine Farbe verändern oder, wie in Figur 2 dargestellt, ein mit zunehmendem
Alter der Zuordnung abnehmender Zeitbalken 11 sein. Intuitiv besonders gut er-
15 fassbar ist es ferner, wenn die überlagerte Abbildung 10a mit zunehmendem Alter der
Zuordnung verblasst.

PATENTANSPRÜCHE

1. Bildverarbeitungseinheit (5), enthaltend

- einen Eingang für das Signal einer Aktuellen Abbildung (8) eines Körpervolumens, wobei das Körpervolumen einer Bewegung mit verschiedenen Bewegungsphasen unterliegt;
 - 5 - mindestens einen Eingang für ein Signal (9), das die zur Aktuellen Abbildung (8) gehörende Bewegungsphase des Körpervolumens repräsentiert;
 - einen Speicher (4), in welchem Frühere Abbildungen des Körpervolumens zusammen mit den zugehörigen Bewegungsphasen gespeichert sind;
- wobei die Bildverarbeitungseinheit (5) dazu eingerichtet ist, der Aktuellen
- 10 Abbildung (8) diejenige (10a) der Früheren Abbildungen zuzuordnen, deren Bewegungsphase am nächsten an der Bewegungsphase der Aktuellen Abbildung liegt.

2. Bildverarbeitungseinheit nach Anspruch 1, welche dazu eingerichtet ist, den Abstand zwischen den Bewegungsphasen der Aktuellen Abbildung (8) und einer dieser

5 zugeordneten Früheren Abbildung (10a) und/oder die Zeit seit der letzten Zuordnung zu bestimmen und für einen Benutzer darzustellen.

3. Bildverarbeitungseinheit nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

- 20 dass das Körpervolumen ein biologisches Körpervolumen ist und die Bewegung des Körpervolumens durch Herzschlag und/oder Atmung verursacht wird, und dass die Bewegungsphase durch ein Elektrokardiogramm und/oder durch das Signal eines Atmungssensors erfasst wird.

4. Bildverarbeitungseinheit nach Anspruch 1, welche dazu eingerichtet ist, die folgenden Verfahrensschritte auszuführen:

- Berechnung eines Ähnlichkeitsmaßes (r) zwischen der Aktuellen Abbildung (8) und einer repräsentativen Abbildung (R);
- 5 - Berechnung der Ähnlichkeitsmaße zwischen der repräsentativen Abbildung (R) und den Früheren Abbildungen oder einer Teilmenge hiervon;
- Auswahl derjenigen Früheren Abbildungen (U), deren Ähnlichkeitsmaß relativ zur repräsentativen Abbildung (R) in einem vorgegebenen Bereich ($r \pm \Delta$) um das Ähnlichkeitsmaß (r) der Aktuellen Abbildung (8) relativ zur repräsentativen Abbildung (R) liegt.

5. Bildverarbeitungseinheit nach Anspruch 1, welche dazu eingerichtet ist, die folgenden Verfahrensschritte auszuführen:

- Berechnung der Ähnlichkeitsmaße (r') zwischen der Aktuellen Abbildung (8) und den Früheren Abbildungen oder einer Teilmenge (U) hiervon;
- 15 - Auswahl derjenigen Früheren Abbildungen (V), deren Ähnlichkeit zur Aktuellen Abbildung einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet.

6. Bildverarbeitungseinheit nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass zusammen mit jeder Früheren Abbildung das zugehörige Elektrokardiogramm und der relative Zeitpunkt der Abbildungsgewinnung gespeichert sind, und dass die Bildverarbeitungseinheit dazu eingerichtet ist, die folgenden Verfahrensschritte auszuführen:

- 25 - Ermittlung einer Transformation, welche die Elektrokardiogramme der Aktuellen Abbildung und einer Früheren Abbildung aufeinander abbildet;
- Feststellung der relativen Lage der im Elektrokardiogramm ausgedrückten Bewegungsphase von Aktueller Abbildung und Früherer Abbildung mit Hilfe der Transformation.

7. Bildverarbeitungseinheit nach Anspruch 1, welche dazu eingerichtet ist, eine Bewegungskorrektur für eine Bewegung des gesamten Körpervolumens zwischen der Aktuellen Abbildung (8) und der zugeordneten Früheren Abbildung (10a) auszuführen.

5 8. Bildverarbeitungseinheit nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass sie mit einer Darstellungseinheit (7) gekoppelt und dazu eingerichtet ist, auf der Darstellungseinheit die Aktuelle Abbildung (8) und die zugeordnete Frühere Abbildung (10a) überlagert darzustellen.

10

9. Verfahren zur Zuordnung einer Aktuellen Abbildung (8) eines Körpervolumens, welches einer Bewegung mit verschiedenen Bewegungsphasen unterliegt, zu einer (10a) von mehreren Früheren Abbildungen des Körpervolumens, wobei

- die Bewegungsphase zusammen mit den jeweiligen Abbildungen erfasst wird;
- 15 - der Aktuellen Abbildung (8) diejenige (10a) der Früheren Abbildungen zugeordnet wird, deren Bewegungsphase am nächsten an der Bewegungsphase der Aktuellen Abbildung liegt.

10. Verfahren nach Anspruch 9,

20

dadurch gekennzeichnet,

dass der Abstand zwischen den Bewegungsphasen der Aktuellen und der zugeordneten Früheren Abbildung und/oder die Zeit seit der letzten Zuordnung bestimmt und für den Benutzer dargestellt wird.

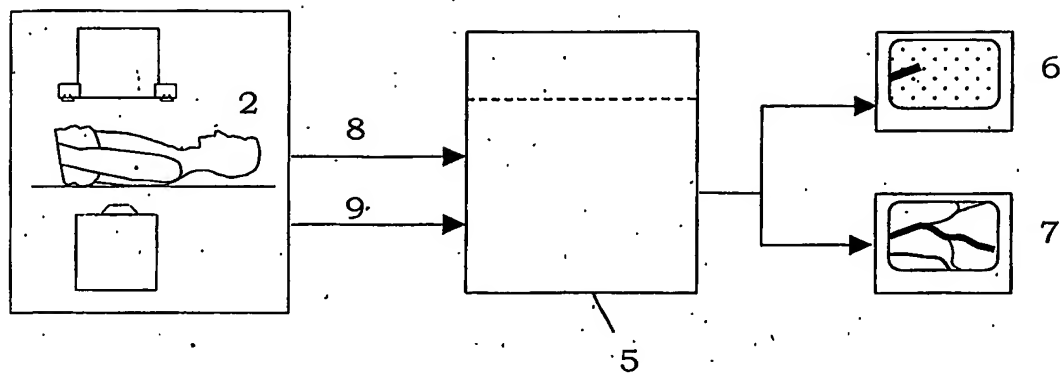


Fig. 1

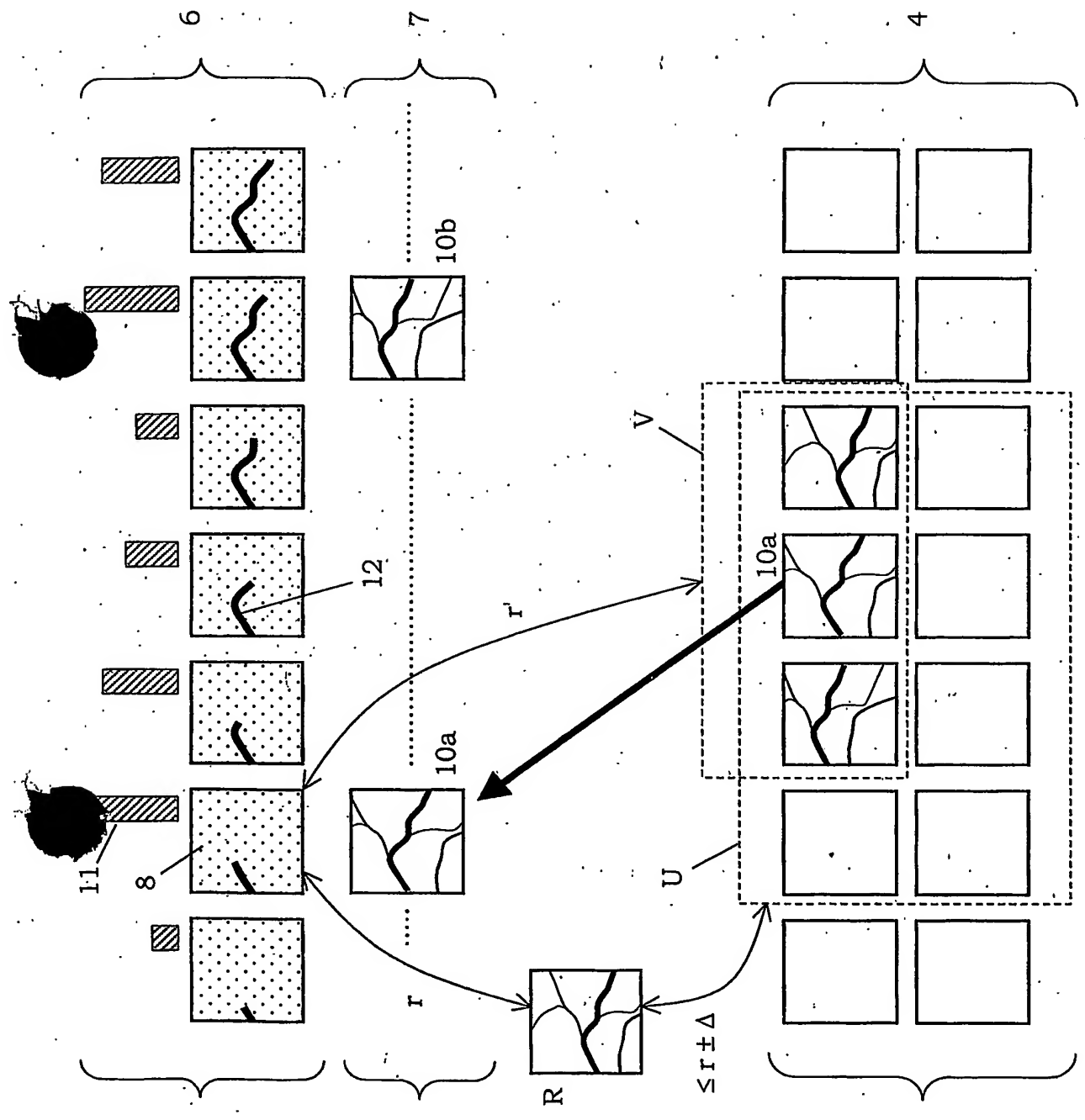


Fig. 2

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.